

快速定位线路断点故障方法及应用

王国洪 刘 懿 蔡鹏程 李宗波 谌 婷
四川航天燎原科技有限公司 四川成都 610000

摘 要: 整机或电缆组装件主要由导线、电连接器及护套组成, 产品组装完成后往往会出现线路断点的故障。在定位断点故障过程中, 通常将整个回路逐一拆除排查, 工作量大且存在返工风险。本文基于抗电强度和分布电容的测试原理, 分析线路在不同模式下漏电流值或电容值大小, 实现快速定位线路断点故障位置。本文将从抗电强度测试和分布电容测试原理, 应用于线路断点的定位, 提升排故效率, 减少返工工作量, 降低产品返工风险。

关键词: 断点故障; 漏电流; 电容

引言

整机或电缆组装件通常由导线焊接或压接在连接器上实现电气互联, 在不同工况应用时常存在导线受力断线的故障模式。工程师往往通过对所有不能排除的电连接器进行拆卸、解焊, 进一步排查断点位置。由于产品的线路复杂且电子装联工艺要求较高, 如果对所有不能排除的电连接器进行返工, 存在返工工作量大, 造成效率低下, 返工过程也存在较大质量隐患。因此, 本文基于导线在整机或线缆中分布的特性, 通过对抗电强度和分布电容的测试机理, 研究准确、快速判定断点部位的方法, 减少连接器返工数量, 提升返工效率, 降低产品返工风险。

1 概述

产品连接器通过焊接、装配和高温腻子涂覆后, 导通检查发现短路情况, 即XP1/30与XP13/108点不导通, 实际要求导通。XP1连接器为JF3-226T24, 该连接器已灌封GD414硅橡胶和涂覆高温腻子, XP13连接器型号为J599I/26KJ35PN, 该连接器已灌封GD414硅橡胶。为排查导线断线位置, 按惯例先将点位较少的XP13端电连接器进行拆卸, 排查108点是否存在断线情况, 若有问题则进行处理, 若无问题, 再续拆卸点位较多的XP1端电连接器进行检查。无论先拆卸哪一端电连接器, 均会增加返工工作量, 本文将从抗电强度漏电流测试和分布电容测试原理, 应用于线路断点定位, 提升排故效率, 减少返工工作量, 提高返工效率。

2 测试原理

2.1 抗电强度漏电流测试原理

在强电场中工作的绝缘材料, 当所承受的电压超过

一临界值 V 时便丧失了绝缘材料性能而被击穿, 这种现象称为电介质的击穿, V 称为击穿电压。在强电场的作用下, 原来处于热运动状态的少数“自由电子”将沿电场方向定向运动。在其运动过程中不断撞击介质内的离子, 同时将其部分能量转给这些离子, 当外加电压足够高时, 自由电子定向运动的速度超过一定临界值可使介质内的离子电离出次级电子, 这些电子都会从电场中吸取能量而加速, 又撞击出第三级电子, 连锁反应将造成大量自由电子形成“雪崩”, 导致介质的击穿, 这个过程大概只需 10^{-8} s ~ 10^{-7} s的时间, 因此电击穿往往是瞬息完成的。

在整机或电缆产品的导线线束中, 不同导线间相互挤压接触, 在强电场作用下, 存在少数“自由电子”的运动, 造成漏电流情况。漏电流大小往往与接触面大小有关, 接触面积越大, 自由电子数量越多, 导致漏电流值越大。因此, 有焊接导线的点位间(在线束上导线接触)的漏电流值比无焊接导线间漏电流值大。

2.2 分布电容测试原理

电容是指容纳电场的的能力, 一般来说, 电荷在电场中会受力而移动, 当导体之间有了介质, 则阻碍了电荷移动而使得电荷累积在导体上, 造成电荷的累积存储, 存储的电荷量则成为电容。则公式为:

$$C = \epsilon S/d = \epsilon S/4\pi kd \cdots \cdots \cdots (1)$$

其中, ϵ 是一个常数, S 为电容极板的正对面积, d 为电容极板的距离, k 则为静电力常量。分布电容是指除电容器外, 由于电路的分布特点而具有的电容, 如线圈的相邻两匝之间, 两个分立的元件之间, 两根相邻的导线之间, 一个元件内的各部之间, 都具有一定的电容。

在整机或电缆产品的导线线束中，不同导线间相互挤压接触，形成了一个分布电容，通过公式（1）可以看出，导线长度越长，导线间接触面积越大，其两个点位间的分布电容越大。因此有焊接导线的点位间（在线束上导线接触）的电容值比无焊接导线间电容值大。

3 快速定位断点故障应用

3.1 抗电强度漏电流测试法定位断点

3.1.1 XP1 端断线定位

由于XP1的25、26点、29点、30点均有导线焊接，故各点位间的漏电流值应相等或接近。因此判定准则为对测试XP1端的25点到26点、25点到29点、25点到30点的抗电强度漏电流情况，正确情况应为各组漏电流值应相等或相近。

通过测试，25点对26、29、30点漏电流值分别为0.46mA、0.46mA、0.11mA，从测试结果看，25点到30点的漏电流值远远低于其他2组的漏电流值，故判定30点无导线焊接，即30点出现断线情况。

3.1.2 XP13 端断线定位

由于XP13端的105、106点、107点、108点均有导线焊接，故各点位间的漏电流值应相等或接近。因此判定准则为对测试XP13端的105点到106点、105点到107点、105点到108点的抗电强度漏电流情况，正确情况应为各组漏电流值应相等或相近。

通过测试，105点对106、107、108点漏电流值分别为0.46mA、0.46mA、0.45mA从测试结果看，105点到各点的漏电流值均相等或接近，故判定105点、106点、107点、108点均有导线焊接，无断线情况。

3.2 分布电容测试法定位断线位置

3.2.1 XP1 端断线定位

由于XP1端的25、26点、29点、30点均有导线焊接，故各点位间的电容值应相等或接近。因此判定准则为对测试XP1端的25点到26点、25点到29点、25点到30点的电容值情况，正确情况应为各组电容值应相等或相近。

通过测试，25点对26、29、30点电容值分别为1.95 uF、1.96 uF、0.18 uF，从测试结果看，25点到30点的电容值远远低于其他2组的电容值，故判定30点无导线焊

接，即30点出现断线情况。

3.2.2 XP13 端断线定位

由于XP13端的105、106点、107点、108点均有导线焊接，故各点位间的电容值应相等或接近因此判定准则为对测试XP13端的105点到106点、105点到107点、105点到108点的抗电强度电容情况，正确情况应为各组电容值应相等或相近。

通过测试，105点对106、107、108点电容值1.86 uF、1.86 uF、1.86 uF，从测试结果看，105点到各点的电容值均相等或接近，故判定105点、106点、107点、108点均有导线焊接，无断线情况。

3.3 验证结果

通过抗电强度漏电流测试法和分布电容测试法测试数据，电连接器XP1/30点漏电流值、电容值相对于焊线点位均出现偏低情况，定位为电连接器XP1/30点出现断线情况。通过拆卸JF3-226T24电连接器验证，电连接器XP1/30点出现断线情况，因此，通过抗电强度漏电流测试法和分布电容测试法能够准确、快速定位断线位置，避免出现盲拆情况，即不需拆除另一端电连接器，大大缩短了返工时间，提升返工效率。

结论

本文基于整机或电缆产品组装件中导线分布的特性，结合通过抗电强度和分布电容的测试机理，采用抗电强度漏电流测试法和分布电容测试法，该方法能够准确、快速判定导线断点位置，即通过测试焊点点位间的漏电流、电容值，对焊点间漏电流值、电容值进行比较，正确情况下，所有焊接点位的漏电流值、电容值均相等或相近，若出现偏小情况，则判定该点位断线。该方法能够快速定位断点故障，避免出现盲拆情况，减少电连接器拆除和返工，提升返工效率，降低产品返工风险。

参考文献

- [1]刘玉英.电工技术与电子技术(一)(电工学上),中国矿业大学MOOC,2021
- [2]强电场作用下绝缘材料的破坏,分析测试百科网,2020-9-15